

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開実用新案公報 (U)

(11) 実用新案出願公開番号

実開平7-22557

(43) 公開日 平成7年(1995)4月21日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
H 01 L 41/083

識別記号  
9274-4M

序内整理番号  
F I  
H 01 L 41/ 08

技術表示箇所  
Q

審査請求 未請求 請求項の数1 O.L (全3頁)

(21) 出願番号 実開平5-51227

(22) 出願日 平成5年(1993)9月21日

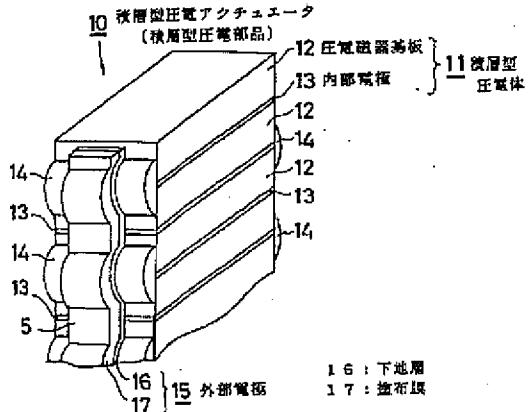
(71) 出願人 000002118  
住友金属工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
(72) 考案者 増田 道幸  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 井内 龍二

(54) 【考案の名称】 積層型圧電部品の外部電極

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 内部電極との良好な導通性を有し、また安価に形成することができ、低抵抗率を有しながらしかもマイグレーションの発生を十分に防止することができ、優れた耐久性を有する積層型圧電部品の外部電極を提供する。

【構成】 圧電磁器基板12と内部電極13とが交互に積層されて積層型圧電体11が形成され、積層型圧電体11の両側面に外部電極15が形成された積層型圧電アクチュエータ10の外部電極15において、積層型圧電体11に接触する下地層16が3層の蒸着膜16により構成され、外層がAu、Ni又は白金を含む金属ベーストの塗布膜17により構成されている積層型圧電部品10の外部電極15。



1

### 【実用新案登録請求の範囲】

【請求項1】 圧電磁器基板と内部電極とが交互に積層されて積層型圧電体が形成され、該積層型圧電体の両側面に外部電極が形成された積層型圧電部品の外部電極において、前記積層型圧電体に接触する下地層が蒸着膜により構成され、外層がA u、N i又は白金を含む金属ペーストの塗布膜により構成されていることを特徴とする積層型圧電部品の外部電極。

### 【図面の簡単な説明】

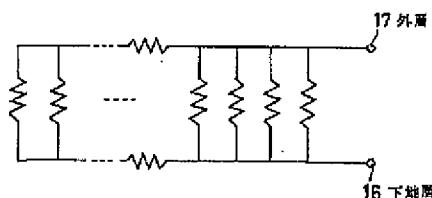
【図1】本考案に係る積層型圧電部品の外部電極を等価回路的に示したものである。

【図2】本考案に係る積層型圧電部品の外部電極の実施例を模式的に示した斜視図である。

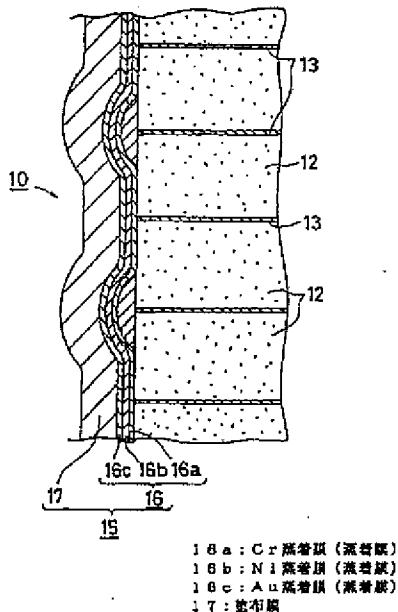
【図3】実施例に係る外部電極部分を拡大して示した模式的断面図である。

【図4】実施例に係る積層型圧電アクチュエータと、比較例として外部電極が通常のAgペーストの塗布膜のみにより構成された従来の積層型圧電アクチュエータと、通電させずに温度が26°C、相対湿度(RH)が60%の

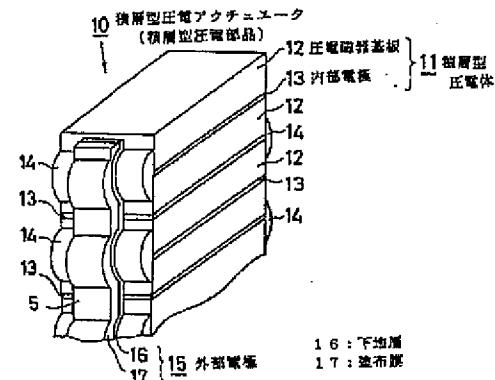
[ 1 ]



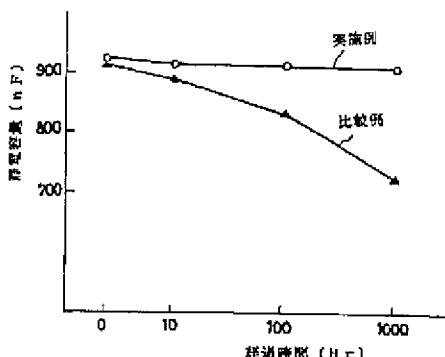
[図3]



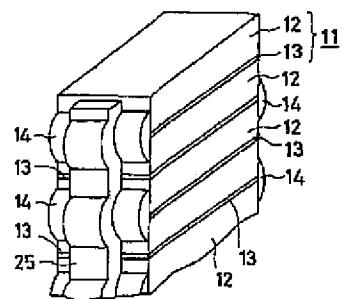
〔図2〕



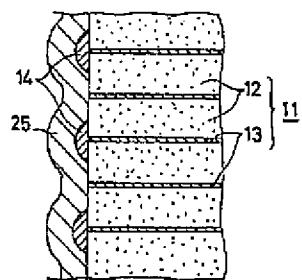
[図4]



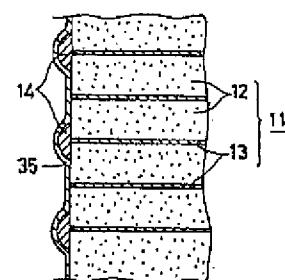
【図5】



【図6】



【図7】



**【考案の詳細な説明】****【0001】****【産業上の利用分野】**

本考案は積層型圧電部品の外部電極に関し、より詳細にはアクチュエータ等として使用される積層型圧電部品の外部電極に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

従来より、応力を加えるとその応力に比例した電界を生じ、反対に電界を加えて分極させると電界に比例した歪みを生じ、あるいは機械的応力が発生する、いわゆる圧電効果を有する圧電材料は、その特性を利用して振動子、フィルタ、アクチュエータ等の種々の用途に使用されている。そのなかでも、印加した電界に比例して機械的歪みが生じることを利用したアクチュエータの1種である積層型圧電アクチュエータは変位量が大きいこと、圧電体の積層枚数で変位量が自由に選べること、耐荷重特性が優れていること等の優れた特性を有することから、精密工作機械、精密磁気ディスク、記録再生ヘッド、リニアステップモータ等における精密位置決め機構として多用されてきている。

**【0003】**

このような積層型圧電アクチュエータは、圧電体磁器基板と内部電極とが交互に積層され、さらに外部電極が形成された構成を有し、高性能化が図られて広く用いられている。

**【0004】**

図5は従来の積層型圧電アクチュエータの一部を模式的に示した斜視図であり、図6は外部電極部分を拡大して示した模式的断面図である。図中12は圧電磁器基板を示しており、分極処理が施された圧電磁器基板12の積層面は、金属メッキ層により構成された内部電極13が形成され、一層ごとに分極方向が対向するように接着、積層されており、これら圧電磁器基板12及び内部電極13により積層型圧電体11が構成されている。また内部電極13の端部は積層型圧電体11の対向する二つの面で一層おきに半円柱状の絶縁被膜14により交互に絶縁されており、その上に導電性ペーストを塗布して外部電極25が形成されており

、外部電極25は一層おきに内部電極13と接続されている。

#### 【0005】

このように構成された積層型圧電アクチュエータの外部電極25を形成するには、絶縁被膜14が形成された積層型圧電体11の両側面であって内部電極13の端面露出部及び絶縁被膜14上に、所定厚さ及び所定幅を有するように導電性ペーストをスクリーン印刷法により塗布し、その後熱処理を施して導電性ペーストに含まれる樹脂及び溶剤を除去する。

#### 【0006】

ところで、Agはすべての金属中で最も体積抵抗率が低く、しかもセラミックス表面との濡れ性が良好な金属である。このため、Agを外部電極25に用いることにより外部電極25における良好な導通性が得られ、また圧電磁器基板12及び内部電極13と密着性良く外部電極25が形成され、内部電極13と外部電極25との良好な導通性が得られる。したがって従来の外部電極25は、Agを含むペーストを用いて形成されることが多い。

#### 【0007】

しかし、このようにAgを用いて形成された外部電極25においては、外部電極25表面が露出していること、しかもAgは高湿度下においてマイグレーションが発生しやすいという性質を有していることに起因し、湿度の高い雰囲気で長時間パルス電圧を印加され続けた場合、外部電極25にマイグレーションが発生し易くなる。マイグレーションが発生すると、絶縁不良部分が形成され、静電容量が低減し、あるいは故障が発生するという問題があった。このため、マイグレーションの発生を防止するためには、外部電極25にAgを使用することは好ましくなかった。

#### 【0008】

従来、このような問題に対処するために、Ag-パラジウム合金を用いて形成された外部電極が用いられている。また、Agを用いて形成された外部電極の露出面がAgよりも高い耐マイグレーション性を有する金属からなるメッキ膜により被覆された外部電極が提案されている（特開昭62-62571号公報）。

#### 【0009】

しかしながら、A g - パラジウム合金を用いて形成された外部電極においては、A gだけを用いた場合に比べてある程度マイグレーションの発生が抑制されるものの、A g - パラジウム合金中にはA gが含まれており、マイグレーションの発生を十分に防止することはできないという問題があった。したがってマイグレーションの発生を十分に防止するには、積層型圧電体全体を密封する必要があり、手間及びコストがかかるという問題があった。

#### 【0010】

また、特開昭62-62571号公報記載の外部電極においても、前記外部電極がA gを用いて形成されているため、湿気が大気中に含まれているばかりでなく、素子表面にも存在することから湿気との遮断は困難であり、マイグレーションの発生を十分に防止することはできないという問題があった。

#### 【0011】

いずれにしても構成要素としてA gを用いる限りこのような問題を抑制することは難しいものとなっている。

#### 【0012】

そこで、このような問題を解決するために、Au、Ni、白金、Pd等の金属を用いて形成された外部電極が用いられている。

#### 【0013】

##### 【考案が解決しようとする課題】

上記した従来のAu、Ni、白金、Pd等の金属を用いて形成された外部電極においては、これらの金属がA gよりも耐マイグレーション性に優れているため、前記外部電極形成後に積層型圧電体全体を密封したり、前記外部電極の表面にさらに耐マイグレーション用の金属膜を形成する必要はない。しかし、これらの金属はA gよりも体積抵抗率が高く、通常の状態のペーストを用いたのでは、ペースト内に含まれる金属が少ないため、前記外部電極の抵抗率が高く、良好な導通状態を実現することができないという課題があった。

#### 【0014】

そこで前記外部電極の抵抗率を下げるために、ペーストに含まれる貴金属のフレークを粗くする方法が提案されている。しかしペーストのフレークを粗くする

と、露出部分の幅が数 $\mu$ mである内部電極との確実な接続が困難となり、該内部電極との接触抵抗が大きくなり、内部電極との導通性が悪くなるという課題があった。

#### 【0015】

このような問題を解決するために、粒子を微細化することができる蒸着法やスパッタ法等による外部電極の形成も考えられている。

#### 【0016】

しかしながら蒸着法やスパッタ法を用いた場合、前記内部電極との確実な接続は行えるものの、低抵抗の外部電極を形成するためには、厚さをミクロンオーダー近くにしなくてはならず、製造コストが高くつくという課題があった。また薄い蒸着膜やスパッタ膜(図7)では外部電極35における抵抗率が高く、かつパルス応答等の急激な歪みによるストレスを緩和することができず、パルス応答等の繰り返しによって外部電極35が切れやすくなり、静電容量が著しく低減したりするという課題があった。

#### 【0017】

本考案はこのような課題に鑑み考案されたもので、内部電極との良好な導通性を有し、また安価に形成することができ、低抵抗率を有しながらしかもマイグレーションの発生を十分に防止することができ、優れた耐久性を有する積層型圧電部品の外部電極を提供することを目的としている。

#### 【0018】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本考案に係る積層型圧電部品の外部電極は、圧電磁器基板と内部電極とが交互に積層されて積層型圧電体が形成され、該積層型圧電体の両側面に外部電極が形成された積層型圧電部品の外部電極において、前記積層型圧電体に接触する下地層が蒸着膜により構成され、外層がAu、Ni又は白金を含む金属ペーストの塗布膜により構成されていることを特徴としている。

#### 【0019】

##### 【作用】

上記した構成の積層型圧電部品の外部電極によれば、前記積層型圧電体に接触

する下地層が蒸着膜により構成されているので、前記下地層の粒子が微細なものとなるため、前記圧電磁器基板との良好な密着性が得られる。また、露出幅の狭い前記内部電極との良好な密着性が得られ、前記内部電極との接続を良好に行なうことが可能となり、該内部電極との良好な導通性が得られる。さらに、前記蒸着膜は安価に形成される。

#### 【0020】

また、外層がAu、Ni又は白金を含む金属ペーストの塗布膜により構成されているので、スクリーン印刷法を用いて前記外層を形成することにより、厚さの厚い該外層を安価に形成することが可能となる。このため、製造コストが削減される。また、低抵抗の切れにくい外部電極が形成され、該外部電極における良好な導通性が得られる。

#### 【0021】

また、前記外部電極にAgを用いていないため、マイグレーションの発生が十分に防止され、前記積層型圧電部品の耐久性が大きく向上する。

#### 【0022】

下地層の形成に用いる金属としては、セラミックスとの良好な密着性を得るためにCrが適しているが、その他Ni、Au、白金等のAgよりも耐マイグレーション性に優れた金属であってもよい。

#### 【0023】

##### 【実施例及び比較例】

以下、本考案に係る積層型圧電部品の外部電極の実施例及び比較例を図面に基づいて説明する。なお、従来例と同一機能を有する構成部品には同一符号を付すこととする。

実施例では積層型圧電部品として積層型圧電アクチュエータ10を例に挙げて説明する。この積層型圧電アクチュエータ10の構成は、外部電極15を除いて図5に示した従来のものと同様の構成であるので、ここでは外部電極15の構成についてのみ説明する。

#### 【0024】

図2は実施例に係る積層型アクチュエータ10を模式的に示した斜視図であり

、また図3は実施例に係る外部電極部分を拡大して示した模式的断面図である。図中10は積層型圧電アクチュエータを、11は積層型圧電体をそれぞれ示しており、積層型圧電体11の両側面であって絶縁被膜14上及び内部電極13端面上には幅が約1mmで厚さが約1000ÅのCr蒸着膜16aが形成され、Cr蒸着膜16a上には厚さが約4000ÅのNi蒸着膜16bが形成され、Ni蒸着膜16b上には厚さが約1000ÅのAu蒸着膜16cが形成されており、これらCr蒸着膜16a、Ni蒸着膜16b及びAu蒸着膜16cにより下地層16が構成されている。さらに、下地層16上には外層として厚さが約500μmのAuを含む金属ペーストの塗布膜17が形成され、これら下地層16及び塗布膜17により外部電極15が構成されており、外部電極15は一層おきに内部電極13と接続されている。

#### 【0025】

このように構成された積層型圧電アクチュエータ10の外部電極15を形成するには、まず圧電磁器基板12として縦4.2mm、横5.5mm、厚さ0.1mmに成形された住友金属工業(株)製のSPEM-5D(誘電率4300、圧電定数( $d_{33}$ ) $640 \times 10^{-12}$ c/N、キュリー点210°C)を150枚用い、この圧電磁器基板12の積層面に厚さが約2μmのNiメッキを施して内部電極13を形成する。次に、圧電磁器基板12を積層してエポキシ樹脂系接着剤を用いて接着し、積層型圧電体11を形成する。この後、積層型圧電体11の対向する二つの面に内部電極13端面を含む一層おきにエポキシ樹脂を使用して半円柱状の絶縁被膜14を形成する。

#### 【0026】

次に、積層型圧電体11の両側面であって絶縁被膜14上及び内部電極13端面上に真空蒸着法を用いて幅が約1mmで厚さが約1000ÅのCr蒸着膜16a、厚さが約4000ÅのNi蒸着膜16b及び厚さが約1000ÅのAu蒸着膜16cを順次形成する。次に、Au蒸着膜16c上に熱硬化性樹脂をバインダーとして溶剤が混合された導電性のAuペーストをスクリーン印刷法を用いて塗布し、その後熱処理を行なって樹脂及び溶剤を除去し、厚さが約500μmのAuを含む金属ペーストの塗布膜17を形成し、外部電極15を形成する。

## 【0027】

以上のようにして形成された外部電極15において、この外部電極15の長手方向の両端にテスターのプローブを接触させて、導通抵抗値を測定したところ、 $0.5\Omega$ の低い値が得られた。

## 【0028】

この値は、Agペーストを用いた従来の外部電極25(図5)における導通抵抗値と略同じ程度の低い値であった。これは図1に示したように下地層16と塗布膜17との間が無数の接触点により並列的に接続されることによると考えられる。

## 【0029】

図4は実施例に係る積層型圧電アクチュエータ10と、比較例として外部電極が通常のAuペーストの塗布膜のみにより構成された従来の積層型圧電アクチュエータとを、通電させずに温度が26℃、相対湿度(RH)が60%の室内で1000時間放置し、静電容量の経時変化を調べた結果を示したグラフである。

## 【0030】

図4から明らかなように比較例に係る積層型圧電アクチュエータでは、静電容量が実験開始前では約907nF、10時間経過後では約890nF、100時間経過後では約830nFとかなり減少し、さらに1000時間経過後では約740nFと大幅に減少している。これに対して実施例に係る積層型圧電アクチュエータ10における静電容量は、実験開始前では約908nF、10時間経過後では約902nF、100時間経過後では約901nF、1000時間経過後でも約901nFとほとんど減少していない。このように内部電極13に接続される下地層16がAgを含まない蒸着膜16a、16b、16cにより構成され、また下地層16が塗布膜17に被覆されていることにより、マイグレーションを防止し、積層型圧電アクチュエータ10における時間の経過に伴う静電容量の減少を防止することができることを確認することができた。

## 【0031】

【表1】

		テス ト前	テス ト後	
			4000万回	1億回
実施例	静電容量(nF)	902		895
	劣化個数	—	なし	なし
比較例	静電容量(nF)	911	788	
	劣化個数	—	多數	多數

## 【0032】

表1は実施例に係る積層型圧電アクチュエータ10と、比較例として外部電極が厚さが約500μmのAuペーストの塗布膜のみにより構成された従来の積層型圧電アクチュエータとにおいて、周波数が20Hz、パルス電圧が150V(DC)、パルス幅が100μsecであるパルスエーティングテストを1億回行い、静電容量の変化及び部品の劣化状態を調べた結果を示したものである。

## 【0033】

表1から明らかなように比較例に係る積層型圧電アクチュエータでは、静電容量がテスト前には約911nFあったものが、約4000万回目には約788nFとなっており、約123nFの大幅の減少が見られた。また、約4000万回目の時点での多数の不良品が生じた。これに対して、実施例に係る積層型圧電アクチュエータ10では、静電容量がテスト前には約902nFあったものが、約1億回目でも約895nFあり、ほとんど減少が見られなかった。また、約1億回目でも不良品は全く生じず、全てのものが正常であった。このように外部電極15が蒸着膜16a、16b、16cにより構成される下地層16と、Auを含む金属ペーストの塗布膜17により構成され、厚さを厚くすることができるため、外部電極15が切れにくくなり、部品の劣化を防止して外部電極15の良好な導通性を維持することができ、積層型圧電アクチュエータ10における静電容量の減少を防止することができることを確認することができた。

## 【0034】

## 【表2】

	100Hr経過後の 破壊状況
実施例	0個
比較例	7個

## 【0035】

表2は実施例に係る積層型圧電アクチュエータ10と、比較例として外部電極25が厚さが約300μmのAgペーストの塗布膜のみにより構成された従来の積層型圧電アクチュエータ(図5)において、温度が40℃、相対湿度(RH)が90%中で、各10個ずつの部品に150Vの定格電圧を通電し続け、100時間経過後における部品の破壊状況を調べた結果を示したものである。

## 【0036】

表2から明らかなように比較例に係る積層型圧電アクチュエータでは、100時間経過後において10個中7個が破壊しており、これに対して実施例に係る積層型圧電アクチュエータ10では、100時間経過後においても全て正常であった。このように下地層16がCr蒸着膜16a、Ni蒸着膜16b、Au蒸着膜16cにより構成されると共に、Auを含む金属ペーストの塗布膜17が形成されていて、外部電極15においてAgが全く使用されていないため、マイグレーションの発生を防止することができ、積層型圧電アクチュエータ10における通電時間の経過に伴う部品の破壊を防止することができ、積層型圧電アクチュエータ10の耐久性を大きく向上させることができることを確認することができた。

## 【0037】

以上説明したように実施例に係る積層型圧電アクチュエータ10の外部電極15にあっては、積層型圧電体11に接触する下地層16がCr蒸着膜16a、Ni蒸着膜16b及びAu蒸着膜16cにより構成されているので、下地層16を真空蒸着法を用いて安価に形成することができ、また下地層16の粒子を微細なものにすることができるため、圧電磁器基板12との良好な密着性を得ることができる。また、露出幅の狭い内部電極13との良好な密着性を確保することができ、内部電極13との接続を良好に行なうことができ、内部電極13との良好な

導通性を確保することができ、時間の経過に伴う静電容量の減少や積層型圧電アクチュエータ10の劣化を防止することができる。

#### 【0038】

また、前記外層がAuを含む金属ペーストの塗布膜17により構成されているので、スクリーン印刷法を用いて塗布膜17を形成することにより、厚さの厚い塗布膜17を安価に形成することができる。このため、製造コストの削減を図ることができる。また、低抵抗の切れにくい外部電極15を形成することができ、良好な導通性を確保することができ、積層型圧電アクチュエータ10の劣化が防止され、積層型圧電アクチュエータ10の耐久性を向上させることができる。

#### 【0039】

また、外部電極15にAgを用いていないので、マイグレーションの発生を十分に防止することができ、積層型圧電アクチュエータ10における通電時間の経過やパルス応答等の繰り返しによる静電容量の減少を防止することができ、積層型圧電アクチュエータ10の耐久性を大きく向上させることができる。

#### 【0040】

なお、上記した実施例においては、塗布膜17がAuを含む金属ペーストである場合を例にとって説明したが、別の実施例においては塗布膜17が高い耐マイグレーション性を有するNi又は白金を含む金属ペーストであっても良い。

#### 【0041】

また上記した実施例では、塗布膜17の厚さを約500μmにしたが、別の実施例では、塗布膜17の厚さを100μm~500μm程度にしてもよい。

#### 【0042】

さらに上記した実施例では、蒸着膜の材料としてCr、Ni及びAuを用いた場合を例にとって説明したが、別の実施例では、蒸着膜の材料としてその他白金等のAgよりも耐マイグレーション性に優れた金属を用いてもよい。

#### 【0043】

また上記した実施例では、下地層16の厚さを約6000Åにしたが、別の実施例では、下地層16の厚さを1000~6000Å程度にしてもよい。

#### 【0044】

**【考案の効果】**

以上詳述したように本考案に係る積層型圧電部品の外部電極にあっては、圧電磁器基板と内部電極とが交互に積層されて積層型圧電体が形成され、該積層型圧電体の両側面に外部電極が形成された積層型圧電部品の外部電極において、前記積層型圧電体に接触する下地層が蒸着膜により構成されているので、前記下地層を真空蒸着法を用いて安価に形成することができ、また該下地層の粒子を微細なものにすることができるため、前記圧電磁器基板との良好な密着性を確保することができる。また、露出幅の狭い前記内部電極との良好な密着性を確保することができ、前記内部電極との接続を良好に行なうことができ、該内部電極との良好な導通性を確保することができ、時間の経過に伴う静電容量の減少や前記積層型圧電部品の劣化を防止することができる。

**【0045】**

また、外層がAu、Ni又は白金を含む金属ペーストの塗布膜により構成されているので、スクリーン印刷法を用いて該塗布膜を形成することにより厚さの厚い該塗布膜を安価に形成することができる。このため、製造コストの削減を図ることができる。また、低抵抗の切れにくい前記外部電極を形成することができ、該外部電極における良好な導通性を確保することができ、前記積層型圧電部品の劣化が防止され、該積層型圧電部品の耐久性を向上させることができる。

**【0046】**

また、前記外部電極にAgを用いていないので、マイグレーションの発生を十分に防止することができ、前記積層型圧電部品における通電時間の経過やパルス応答等の繰り返しによる静電容量の減少を防止することができ、該積層型圧電部品の耐久性を大きく向上させることができる。